

《高光谱遥感》应用示范课程建设和教学改革探索与实践



戴晓爱^{1,*}, 邵怀勇¹, 杨武年¹, 刘东升², 卫黎光², 任芳²

¹成都理工大学地球科学学院, 四川成都 610059

²航天宏图信息技术股份有限公司, 北京 100195

摘要:《高光谱遥感》是连接遥感前沿技术与创新实践的桥梁课,具有专业性、实用性和前瞻性的特点。本研究针对建设两性一度的“金课”目标,根据学生及课程特点,充分利用信息化教学的优势,结合高光谱遥感的新技术和应用,采用校企合作的方式制定并不断优化课程的教学与实验方案;在校企合作协同育人平台的支撑下,设计了基于国产PIE系列软件实现的课程实验内容。本着以“学生为中心”的理念,本课程采用问题导引的方法,将案例式、研讨式、文献阅读式、专题报告式等创新教学模式融入传统教学模式中,课程的教学目标实现主要从线上线下混合式教学、面向创新实践能力培养的校企合作、高阶思维融入的专题报告研究、不断提升学习挑战度的以赛促学方式等方面进行;本课程的改革加强了学生对研究前沿的了解,鼓励学生灵活运用知识,增加主动探索和解决问题的能力,在创新创业实训和专业技能大赛中孵化了一大批成果。

关键词:高光谱遥感;混合式课程;校企合作;信息化

DOI: [10.57237/j.edu.2022.02.008](https://doi.org/10.57237/j.edu.2022.02.008)

Exploration and Practice of the Construction and Teaching Reform of the Model Course on the Application of Hyperspectral Remote Sensing

Dai Xiaoai^{1,*}, Shao Huaiyong¹, Yang Wunian¹, Liu Dongsheng², Wei Liguang², Ren Fang²

¹College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

²Piesat Information Technology Co., Ltd, Beijing 100195, China

Abstract: The course Hyperspectral Remote Sensing is professional, practical and advanced, which is a bridge course connecting the frontier technology of remote sensing and innovative practice. In this study, According to the "Golden Course" construction standards of "innovation, high order, and challenge", considering the characteristics of students and the course, taking full advantage of information-based teaching, combining the new technology and application of

基金项目:教育部产学合作协同育人项目(202101162001, 202101096021, 202102245035);

四川省教育信息化应用与发展研究中心重点项目(JYXX21-003);

成都理工大学2021-2023年高等教育人才培养质量和教学改革项目(JG2130009);

成都理工大学研究生质量工程项目(10800-000098129)。

*通信作者:戴晓爱, daixiao@cdut.edu.cn

收稿日期:2022-12-05;接受日期:2022-12-29;在线出版日期:2023-01-05

<http://www.educationrd.com>

hyperspectral remote sensing, the teaching and experimental program of the course is formulated and optimized continuously by the cooperation between the university and enterprises; Under the support of the cooperative education platform of the university and enterprises, the experimental content of the course is designed based on the domestic PIE series software. Based on the concept of "student-centered", this course adopts a problem-oriented approach and integrates innovative teaching modes such as case-based, seminar-based, literature-reading and presentation-based into the traditional teaching mode. The teaching objectives of the course are mainly achieved through online and offline hybrid teaching, university-enterprise cooperation for cultivating innovative practical skills, higher-order thinking and presentation research. The reform of this course has strengthened students' understanding of research frontiers, encouraged them to apply their knowledge flexibly, increased their ability to explore and solve problems actively, and incubated a large number of achievements in the innovation and entrepreneurship practical training and professional skills competition.

Keywords: Hyperspectral Remote Sensing; Blended Curriculum; School-enterprise Cooperation; Information Technology

1 引言

2015年11月，国务院印发《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》中指出，要积极探索中国特色的世界一流大学和一流学科建设之路[1]，从而提高我国高等教育的核心竞争力。2017年1月，教育部、财政部、国家发改委印发了《统筹推进世界一流大学和一流学科建设实施办法（暂行）》，文件指出，“积极推进课程体系和教学内容改革”，“质量保障体系完善，有高质量的本科生教育和研究生教育”[2]，支撑国家长远发展的一流大学和一流学科的建设体系。2017年12月，国务院办公厅印发《关于深化产教融合的若干意见》，《意见》指出，深化产教融合，促进教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接，是当前推进人力资源供给侧结构性改革的迫切要求[3]，要构建教育和产业融合发展的格局，探索实践校企合作协同育人的新模式。2018年8月，教育部发布《关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知》中提出，要加快完善现代信息技术与教育教学深度融合机制，有序有效推进在线开放课程的建设、应用及管理[4]。目前应当不断加强课堂信息化技术的融入，探索线上线下混合式课程建设，完善基于网络平台的课程过程性考核体系等。2018年11月，教育部高教司司长吴岩在第十一届“中国大学教学论坛”上表示，课程是人才培养的核心要素，大学生从学校里受益的最直接、最核心、最显效的是课程[5]。要以学生为中心，通过不断增加课程的创新性、高阶性和挑战度，全面提升学生的创新思维能力和综合素质。2022

年5月，教育部高等教育司司长吴岩在新闻发布会上表示，教育部推进新工科、新医科、新农科、新文科建设，要从教育思想、发展理念、质量标准、技术方法、质量评价等人才培养范式进行全方位改革[6]。要根据四新建设的要求，健全课程建设的建设与评价规范，全面提升课程质量，增强学生的竞争力。

近年来，随着科学技术的进步，遥感产业也得到了发展。2022年9月，新的《研究生教育学科专业目录（2022年）》中，已经将“遥感科学与技术”列为新的一级学科[7]。《高光谱遥感》是地理学、测绘科学与技术专业的专业方向课程，也是连接遥感前沿技术与创新实践的桥梁课，具有专业性、实用性和前瞻性等特点[8]。由于遥感技术发展迅速，目前高光谱遥感的应用领域日渐宽泛、但是可以借鉴的教学案例和课程信息资源不足。本课程的教学对象高年级的本科生和研究生，学生有明确目标，有一定基础和较强的信息获取能力，求知欲比较强，可是传统课堂的教学中学生欠缺工程实践能力。随着国家教育信息化政策的驱动，专业课程改革的推动，业态多元化发展带动多元化人才培养模式建设，我们将建设课程慕课资源、将线上教学与线下教学有机结合，加强对学生创新实践能力的培养。

成都理工大学《高光谱遥感》课程立足于“地理信息科学”和“测绘工程”国家一流本科专业、“遥感科学与技术”四川省普通高校应用型本科示范专业、四川省普通本科高等学校卓越工程师教育培养计划专业建设，

面向遥感应用领域和企事业单位实际需求, 落实“具有家国情怀、理论基础扎实, 专业的实践能力”人才培养的目标, 面向生产、研发、管理一线, 教学模式采用高校教师团队与企事业单位技术人员形成课程组, 共同确定教学内容、优化教学方案、制定教学大纲的方案, 课程目标是培养具备遥感和信息工程前沿技术的理论、知识和技能, 具有高光谱数据采集、光谱数据重建, 光谱特征提取、高光谱影像分类及目标探测、高光谱遥感定量反演的基本技术与方法, 满足学生今后在遥感、测绘、地理信息、国土规划等相关领域的企事业单位从事相关的理论指导、技术应用与工程管理等工作需要。

2 教学内容设计

2.1 理论课程内容设计

本课程主要采用童庆禧院士编写的《高光谱遥感: 原理、技术及应用》的经典教材, 并结合高光谱遥感的新技术和应用展开。本课程将系统介绍高光谱遥感的概念、相关仪器、成像原理、数据获取和信息提取技术, 以及在地质、植被和其他方面应用研究概况。信息提取技术包括光谱微分、光谱匹配、混合光谱分解、光谱分类、光谱维特征提取及模型等[9]。结合《高光谱遥感科学丛书》的《高光谱遥感信息获取》等, 其设置该课程的重点是让学生对高光谱遥感的原理有清晰地认识, 在掌握高光谱的基本分析方法的同时, 培养学生运用高光谱原理和分析方法解决实际问题的能力; 突破的难点则是如何使学生在掌握高光谱遥感技术解决遥感应用中的实际问题[9, 10]。我们将课程资源全部上线到网站方便大家的学习与交流。

1) 线上授课资源建设

课程团队按照授课的目标和任务, 从高光谱遥感的原理, 数据处理技术, 应用分析等方面分别录制了慕课资源, 同时上线爱课程和泛雅平台; 每个章节配套同步的 PPT、相关视频、文档等拓展资料, 每章设计作业和测试题, 以便于及时掌握学生学习的动态并调整线下教学内容。根据学生学情和学科发展, 在 SPOC 上发布行业动态, 根据学生兴趣分享科学前沿的知识, 补充拓展性资源、设置教学互动等栏目, 同步本校相关专业的学生线下课程[11]。

2) 实验资源建设

本课程开设课程实训专栏, 发布实验指导与实验方案小视频等资源, 及时按照学生的学情进行补充, 并增加学生优秀作品展示模块。2019 年建成课程《西南地区防灾减灾思政案例库》, 专设资料网盘发布典型案例。2020 年上线企业平台资源, 把课堂教学、产业学习、社会实践进行有机结合, 通过企业技术员参与课程设计与授课, 学生参加学科竞赛、企业单位参观实习等丰富教学载体。

3) 习题集、试题库建设

线上网站平台已开设学习园地板块, 包含课程学习中所需的理论习题集、试题集, 以及遥感学习领域的多个数据详解和下载地址, 可供学生自主学习, 同时设置讨论区, 由学生和老师共同发布主题讨论, 学生可通过该板块提出问题, 上传学生收集到的各类学习资料供所有人员查阅并探讨。线下可由教师总结并下发《高光谱遥感》课程中所提取的精炼习题集、试题库, 供学生在自主学习与复习中答疑解惑。

2.2 实验课程内容设计

《高光谱遥感》课程的实验是遥感理论掌握的关键环节, 是遥感理论和实践结合的突破口。在实验的过程中, 利用 PIE 平台, 引入遥感技术学科的最新发展, 做到三结合: ①基础理论与应用相结合; ②系统性和前瞻性相结合; ③先进教学方法、教学模式与教学实践相结合。整个课程的实验分为: ①数据来源及预处理等基础技能训练实验; ②高光谱遥感数据处理技术专业训练实验; ③高光谱遥感应用综合实验(表 1)。形成一个多层次的系统的体系, 确保学生基本知识的掌握与实际应用能力的培养。

已在线上网站平台教学课件与教学资源板块, 按章节结构设计了实验要求、内容及实验指导相关视频文件与电子版实验指导手册[12], 可供学生提前预习并操作, 更在实验指导板块构建了实验数据下载、操作流程及软件操作流程等详细视频教学, 引导本科生和硕士研究生主动学习并提出、记录问题。

线下课程与实践过程中以翻转课堂为主, 引导学生将自学过程中所遇到的问题分组进行探讨并展示, 以思维碰撞培养研究生学习中的创新与创造能力。

表 1 课程实验主要内容

Table 1 Main contents of course experiments

实验名称	实验目的
认识高光谱数据	利用 PIE-Hyp 软件观察 TM、AVIRIS 和高分 5 号、资源 1 号 02D、珠海 1 号等遥感数据，认识高光谱数据的图谱合一的特点。
光谱库建立	利用 PIE-Hyp 软件查看其自带的光谱库数据，进行简单的光谱分析，了解各不同地物高光谱数据之间的差异与判别特点。
高光谱遥感数据大气校正	利用 PIE-Hyp 软件对高分 5 号和 HySpex 等遥感数据进行大气校正，理解大气传输过程中散射、吸收和折射作用的影响机理和校正的原理，掌握大气校正的一般方法和处理过程。
高光谱影像分类	了解高光谱影像中光谱匹配与分类的原理，利用 PIE-Hyp 软件实现高光谱图像分类的操作。
高光谱遥感目标探测	用 PIE-Hyp 对高分 5 号数据进行异常探测和目标探测两种不同方法的目标探测，了解高光谱目标探测流程。
混合象元分解	混合像元分解是指从实际光谱数据（一般为多地物光谱混合的数据）中提取各种地物成分（端元）以及各成分所占的比例（丰度）的方法。学习混合象元分解的原理，掌握在 PIE-Hyp 中线性混合象元分解操作。
高光谱遥感的应用	结合实际应用案例的光谱数据采集、地物光谱数据重建、高光谱图像信息提取和高光谱遥感定量反演，实现高光谱遥感技术在自己感兴趣领域的应用。

3 教学方案探索与实践

为了服务于学校的“双一流”建设目标，本课程通过提出以创新能力培养为导向的课程教学改革举措并应用到教学实践中：通过创新教学内容来拓展学生视野；结合线上线下模式，以“学生为中心”，采用问题导引的方法，将案例式、研讨式、文献阅读式、专题报告式等创新教学模式融入传统教学模式中，培养学生创新思维与创新能力；借助“中国大学慕课”“学习通”等 APP 创建智慧课堂来提高课程学习效率；创新课程考核方式，建立多层次、过程化的考核体系，将学科资源、学术资源转化为育人资源[13]。

3.1 线上线下混合式教学

本课程采用线上线下结合的方式开展，线上基于泛雅超星平台，建设《高光谱遥感》课程网站 <http://mooc1.chaoxing.com/course/209827440.html>，在中国大学 MOOC 网上建设《高光谱遥感课程》，网址为：<https://www.icourse163.org/spoc/course/CDLGDX-1462161184>。

3.1.1 混合式课程方案设计

《高光谱遥感》线上线下一体化课程将整体把握课程知识体系，将线上课程讲授视频、配套的数字化学习资源有机地、有取舍地融入到本门课程知识体系之中，促进学习者对重难点内容的学习理解和掌握，提高教学效果。

1) 课内习题课的安排及学时：课时比较紧张，可

以将习题作为作业布置，利用课外时间进行。

- 2) 利用现代化教学手段内容及学时：教学内容采用多媒体方式进行线上演示和教学，线下翻转式课堂及考核为主，学时为 40 学时。
- 3) 对学生能力培养的要求：让学生熟悉高光谱遥感的基本概念和数据分析处理技术，掌握 PIE 软件的基本操作技能，并能用 PIE 软件做基本的高光谱数据处理分析。

3.1.2 教学环节设置

- 1) 课前：教师发布课程资源、学习任务等；学生以对核心知识点进行线上碎片化学习。教师通过在线视频学习配套作业、测试等完成情况，实时精准掌握学生线上学习的情况，及时调整相应的线下教学活动。
- 2) 课中：师生、生生之间面对面进行深入探究交流，老师以研究为导向，通过讲授、研讨、问题引导、项目驱动等教学模式，精心设计教学内容和交互活动同时通过慕课堂随堂发布练习、问卷等。
- 3) 课后：学生依托 SPOC 进行复习，利用讨论区、QQ 群、问卷调查等巩固知识；教师布置拓展学习任务，通过话题讨论等方式了解学生学习动态，促进学生主动探究实践，相互分享，实现知识的深化。

3.1.3 过程性考核评价体系建设

《高光谱遥感》课程构建多层次、多方式的考核体系，设计了线上、线下评价指标。评定学生课程成绩的考核内容包括单元测试、平时作业、讨论活跃度和期末考试 4 个部分，采用学生互评和教师评价相结合的形式。

通过讨论区的互动，增加了学生提出并解决问题的兴趣；采用学生互评的手段，学生之间可以相互学习，加强交流，增强讨论，不断突破自我和团队研究思路。

3.2 校企合作导向创新创业能力培养

航天宏图信息技术股份有限公司研发的 PIE-Hyp 6.3 高光谱影像数据处理软件是一款面向 GF-5、珠海一号、资源 1 号 02D、AVIRIS 等国内外主流高光谱影像全流程处理系统。软件涵盖影像质量评价及修复、图谱分析、辐射校正、几何校正、目标探测、地物分类、参量反演分析等专业处理功能。

根据校企合作协议，由学校和企业合作研发课程和教学资源，制定更有效地培养学生实践能力和创新创业能力的方案；教学环境是由航天宏图信息技术股份有限公司为我校部署专业实验室，并成立专家技术组在线答疑和解决问题；授课环节中由本校教师与公司技术员远程或者现场共同授课。我们的实验运行结果表明：PIE-Hyp 软件和 PIE-Engine 平台完全满足《高光谱遥感》课程实验方案需求，利用该平台可更好地帮助学生熟悉高光谱遥感的基本概念和数据分析处理技术，掌握 PIE 软件的基本操作技能，并能用 PIE 软件做基本的高光谱数据处理分析。

3.3 专家报告提升高阶思维

进入 21 世纪，遥感技术已经不断向更高的空间分辨率、光谱分辨率、时间分辨率的方向发展，更多的应用新领域也越来越普及应用[14]。为了更好地让学生全面地掌握全球遥感科技的发展脉络，本课程要求学生关注行业公众号、线上或者线下学习专家报告。学生在逐步积累中更好地了解遥感发展最新前沿动态，掌握高光谱遥感的基础理论与方法、技能在实际研究案例中的应用。我们要求学生在学习后能够结合自己的专业领域进行针对性选题，能独立开展研究综述，思考学科发展前沿，凝练学科目标和科学问题。

3.4 以赛促学增强学习挑战度

近年来，“以赛促学”的观点早已得到了社会的广泛认可，并逐渐成为改变传统的教学模式、提高学生个人能力与水平的重要途径。目前，国内外不少企业，通过产、学、研的有机融合，积极促进高校教育模式的改革与发展。专业竞赛激发了学生学习的自主意识、积极性和创新思维能力，我们构建“以赛促学、以赛促

教、以赛促训”技能大赛模式的过程[15]，在教学活动中，我们将竞赛与教学改革、人才培养相结合，我们将比赛的题目恰当地嵌入到教学内容中，学生以问题为导向，通过查阅资料、自主学习、小组训练等方式更好地专业技能和知识，实现了“学赛结合”、教学相长，不仅促进提升专业教学水平、而且增强学生学习实践能力和挑战能力，从而提高人才培养的质量。

4 教改成效

4.1 创新创业

1) 以本专业地学特色项目为支撑，锻炼学生实践能力

从 2012 级开始，本课程授课教师按照力所能及、适当参与、逐步深入的原则吸纳了一百多名本科学生参加科研项目。学生在参与项目中的角色为数据收集、遥感数据预处理、遥感信息提取，涉及项目领域有生态环境、国土资源、矿山监测、地表景观分析、地质灾害监测等。

2) 以创新创业为导向，提升学生高阶思维能力

我们逐步在本科生和研究生的《高光谱遥感》系列课程教学中，构建三位一体的创新创业教育模式；我们指导学生参加大学生创新创业训练计划以及成都理工大学科技立项，近几年参加创新创业活动及参与科研项目学生数占专业在校生总数比例为 47.08%；学生参加多次全国大学生专业技能大赛，并取得一定的成绩；指导学生结合高光谱遥感技术撰写科研论文，完成毕业设计，组织学生参加社会实践，将项目应用于实践。

4.2 专业竞赛

我们组织学生参加航天宏图杯 PIE 软件开发者大赛，基于 PIE Engine 平台实现了对生态环境的长时序监测，在冰湖信息提取与溃决预测，生态环境快速预测方面研制了算法并在此基础上进一步进行深入研究，完成毕业论文和科技论文的撰写，解决一定的科学问题。在本课程的支撑下，指导学生研究“土行孙”高光谱遥感重金属污染监测云服务平台，主要致力于采用高光谱遥感定量反演的方法，针对土壤重金属污染进行分析监测，结合互联网大数据平台以及物联网技术提供一个可实现实时监测和辅助决策的 PC 端系统平台。

4.3 社会实践

指导学生申报暑期社会实践项目，将专业知识融入社会实践。基于遥感与 GIS 技术，通过实地调研，建立水源信息数据库，实现水土保持、水污染治理等多目标的数字化管理，使其为针对各地智慧治水提供强有力的资源支持。如 2021 年，为全面调查金堂县水源地的水资源情况，师生组成实践团先后到访了红旗社区、金堂县荣华社区、双堰社区、新水碾社区、爪龙溪沿岸等地区，调查访问了当地 300 余居民，了解了金堂水源地的大致情况。之后，实践团成员在与老师指导下成功完成定量遥感数据获取及处理实验，经无人机影像数据和其他参量数据的获取、处理、分析、识别目标物后，以此完善当地水资源监测、预警、评估、应急救助指挥体系。实践团成员用奋斗步履丈量青春之路，融入社会，深入了解官仓镇水资源社情民意，领会水关系国计民生、不可替代的重要性，并更好的将专业 3S 技术运用到优化官仓镇智慧治理水资源方案中去，为促进官仓镇水资源从低效益领域向高效益领域流转贡献青春力量。

5 结论

高光谱遥感技术起源于 20 世纪 80 年代，已形成了一个颇具特色的前沿领域，其更新发展很快，在资源、环境、大气、海洋等领域地物精确识别与参数定量反演中都有着明显优势。本研究在总结本校《高光谱遥感》课程建设与教学实践的基础上，分别对学校内容设计、教学方案探索等方面进行探讨。我们将面向社会需求，以遥感基本原理为基础，不断完善课程教学体系、实施条件以及授课方式等环节，精心打造一门具有“两性一度”的精品课程，旨在培养学生的科学思维能力与基本分析技能，助力后续课程学习、为社会经济发展需要培育高质量人才。

参考文献

- [1] 国务院《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》(国发〔2015〕64号) [EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/201511/t20151105_217823.html
- [2] 教育部 财政部 国家发展改革委《统筹推进世界一流大学和一流学科建设实施办法(暂行)》(教研〔2017〕2号) [EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe_843/201701/t20170125_295701.html

- [3] 国务院.《关于深化产教融合的若干意见》(国办发〔2017〕95号) [EB/OL]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2018/content_5254308.htm
- [4] 教育部关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知》(教高函〔2018〕8号) [EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201809/t20180903_347079.html
- [5] 吴岩.建设中国金课 [EB/OL]. <https://www.docin.com/p-2250688247.html>
- [6] 吴岩.教育部：推进“四新”建设，全面提高高等教育人才培养质量 [EB/OL]. <http://news.cctv.com/2022/05/17/ARTIsvaPEmcWcfQHifNJJQPn220517.shtml>
- [7] 教育部 国务院学位委员会 教育部关于印发《研究生教育学科专业目录(2022年)》《研究生教育学科专业目录管理办法》的通知 [EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe_833/202209/t20220914_660828.html
- [8] 朱海燕.《高光谱遥感信息处理》评介 [J].地理学报, 2022, 第 77 卷 (5): 1289.
- [9] 童庆禧, 张兵, 郑兰芬编著.高光谱遥感 原理、技术与应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [10] 张立福, 张霞, 黄长平作; 童庆禧, 薛永祺总主编.高光谱遥感科学丛书 高光谱遥感信息处理 [M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2021.
- [11] 王海江, 吕新, 治军, 等.农业资源遥感课程混合式教学模式的探索研究 [J].教育教学论坛, 2020 (13): 301-302.
- [12] 王海江, 吕新, 崔静, 治军.提高学生实践能力的遥感教学改革初探——以农科类专业为例 [J].教育信息化论坛, 2022, (3): 105-107.
- [13] 孔祥生, 钱永刚, 张安定, 李兆恒.黑体辐射定律遥感教学改革设计与实践 [J].测绘科学, 2012, (6): 184-186, 137.
- [14] 张兵.当代遥感科技发展的现状与未来展望[J].中国科学院院刊, 2017, 32 (7): 774-784
- [15] 张军辉, 等.依托学科竞赛谈提升学生创新能力的方法 [J].教育化, 2019, 6 (33): 147-148.

作者简介

戴晓爱

1979 年生, 博士, 副教授, 主要研究方向为: 遥感与地理信息系统。

E-mail: daixiao@cdut.edu.cn